

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-141257

(P2002-141257A)

(43)公開日 平成14年5月17日(2002.5.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/02		H 0 1 L 21/02	Z 3 K 0 3 4
21/027		21/66	B 3 K 0 9 2
21/66		21/68	R 4 M 1 0 6
21/68		H 0 5 B 3/10	A 5 F 0 3 1
H 0 5 B 3/10			C 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 書面 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2001-197465(P2001-197465)
(22)出願日	平成13年5月24日(2001.5.24)
(31)優先権主張番号	特願2000-152575(P2000-152575)
(32)優先日	平成12年5月24日(2000.5.24)
(33)優先権主張国	日本(JP)

(71)出願人 000000158
イビデン株式会社
岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

(72)発明者 伊藤 康隆
岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ
ン株式会社内

(72)発明者 平松 靖二
岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1の1 イビデ
ン株式会社内

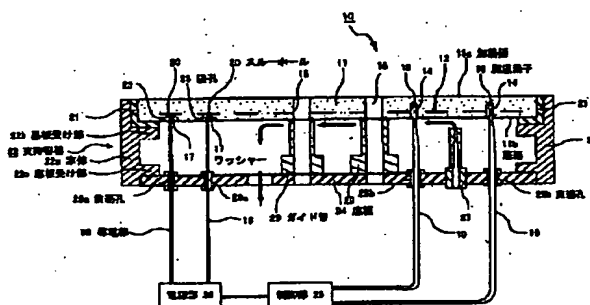
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体製造・検査装置用セラミックヒータ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 セラミックヒータを強制冷却し易く且つ、急速降温を実現するヒータを提供する。

【解決手段】 セラミックヒータ１のセラミック基板１１の加熱面１１ａ側の反対側の面の面粗度をＪＩＳ Ｂ ０６０１ Ｒａで２０μｍ以下に調整することで冷却流体が乱流となることを防止し、冷却流体が乱流することを防止して急速降溫する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミック基板の表面または内部に抵抗発熱体が形成されてなるセラミックヒータであって、セラミック基板の加熱面の反対側面の面粗度がRaで20 μ m以下であることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

【請求項2】 前記セラミックヒータは、加熱面の反対側面を冷却流体で冷却する機構を有する請求項1に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

【請求項3】 前記セラミックヒータは、加熱面の反対側面の表面に抵抗発熱体が形成され、該抵抗発熱体の表面の面粗度がRaで20 μ m以下である請求項1または2に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

【請求項4】 前記セラミックヒータは、加熱面の反対側面の表面に絶縁層が形成され、絶縁層表面に抵抗発熱体が形成されてなるとともに、絶縁層の面粗度がRaで20 μ m以下である請求項1から3のいずれか1に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

【請求項5】 前記セラミック基板は、円板形状である請求項1から4のいずれか1に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

【請求項6】 前記セラミック基板は炭化物または窒化物セラミックである請求項1～5のいずれか1に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

【請求項7】 前記セラミック基板の厚さは、25mm以下である請求項1～6のいずれか1に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

【請求項8】 前記セラミック基板の直径は、150mmを越える請求項1～7のいずれか1に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主に半導体産業において使用されるセラミックヒータに関する。

【発明の詳細な説明】

【0002】

【従来の技術】半導体は種々の産業において必要とされる極めて重要な製品であり、半導体チップは、例えば、シリコン単結晶を所定の厚さにスライスしてシリコンウエハを作製した後、このシリコンウエハに複数の集積回路等を形成することにより製造される。

【0003】この半導体チップの製造工程においては、静電チャック上に載置したシリコンウエハに、エッチング、CVD等の種々の処理を施して、導体回路や素子等を形成する。また、レジスト用の樹脂を塗布して、加熱乾燥させたりする。このような加熱にはセラミックヒータが用いられ、特開平11-74064号公報や特開平11-40330号公報などに、炭化物や窒化物を使用したヒータが開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平11-74064号公報のヒータや特開平11-40330号公報のヒータを特開平7-130830号公報にあるように、空気などを吹きつけて強制冷却しようとすると、降温速度に一定の限界があった。本発明は、セラミックヒータを強制冷却しやすく、急速降温を実現したヒータを提供する。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、このような降温速度に一定の限界（50℃降温させるのに10分）があるのは、冷却流体が接触する面の面粗度が大きく流体が乱流となって滞留し、セラミック基板から熱を奪えないためであることが分かった。加熱面の反対側面の面粗度をJIS B 0601 Raで20 μ m以下に調整することで冷却流体が乱流となることを防止して、冷却流体が乱流化することを防止して、急速降温を実現した。本発明者は、主として円板形状のセラミック基板の表面または内部に抵抗発熱体が形成されてなるセラミックヒータであって、セラミック基板の加熱面の反対側面の面粗度がJIS B 0601 Raで20 μ m以下であることを特徴とするセラミックヒータである。このヒータでは、冷却流体をセラミック基板の加熱面の反対側面から吹きつけてセラミック基板表面を流通させて、冷却を行う。この際、冷却流体と接触するセラミック基板の表面の面粗度がRaで20 μ m以下であるため、乱流が発生しにくく、冷却流体の滞留がない。このため、急速な降温を実現できる。本発明では、特に加熱面の反対側面の面粗度をJIS B 0601 Raで2 μ m以下に調整することが望ましい。昇温時のそりが少ないからである。

【0006】本発明では、加熱面の反対側面を冷却流体で冷却する機構を有することが望ましい。具体的には、図3のようにセラミック基板11を支持する容器22の底面に流体を供給するポート27を設けることが望ましい。流体としては、気体、液体を使用できる。気体としては、空気、窒素、不活性気体（アルゴン、ヘリウム、フロン）などを使用でき、液体としては、水、エチレングリコール、などを使用してもよい。前記セラミックヒータの加熱面の反対側面の表面に抵抗発熱体が形成される場合は、該抵抗発熱体の表面の面粗度がRaで20 μ m以下であることが望ましい。抵抗発熱体表面の面粗度が小さいほど乱流が発生しにくいからである。また、抵抗発熱体表面の厚さは100 μ m以下が望ましい。乱流が発生しにくいからである。前記セラミックヒータは、加熱面の反対側面の表面に絶縁層が形成され、絶縁層表面に抵抗発熱体が形成されてなる。高温ではセラミック基板の体積抵抗率が低下し、発熱体間でショートしたり、リーク電流が発生しやすいからである。また、絶縁層を設けることでセラミック基板表面を直接研磨加工

しなくともよくなるからである。前記セラミック基板は、円板形状であることが望ましい。加熱面の温度均一性に優れるからである。前記セラミック基板は炭化物または窒化物セラミックであることが望ましい。熱伝導性に優れているからである。前記セラミック基板の厚さは、25mm以下であることが望ましい。抵抗発熱体の熱が加熱面に伝わりやすく、外周の温度が低下しにくいからである。前記セラミック基板の直径は、150mmを超えることが望ましい。加熱面の面積が大きいため、外周温度が低下しやすく、本発明が特に効果を奏するからである。以下実施形態に則して説明する。

【0007】

【発明の実施の形態】本実施形態のセラミックヒータは、セラミック基板として窒化物セラミックまたは炭化物セラミックを使用し、セラミック基板の表面に絶縁層として酸化物セラミックを使用する。窒化物セラミックは酸素固溶等により、高温で体積抵抗値が低下しやすく、また炭化物セラミックは特に高純度化しない限り導電性を有しており、酸化物セラミックを絶縁層として形成することにより、高温時あるいは不純物を含有していても回路間の短絡を防止して温度制御性を確保できるからである。セラミック基板の加熱面の反対側面の表面は、面粗度がRaで0.01~20 μ m、Rmaxで0.1~200 μ mがよい。セラミック基板の加熱面の反対側面の表面とは、セラミック基板に絶縁層が形成されている場合は、その絶縁層自体の表面粗さである。

【0008】前記セラミック基板を構成する窒化物セラミックとしては、金属窒化物セラミック、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。また、上記炭化物セラミックとしては、金属炭化物セラミック、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。なお、セラミック基板として酸化物セラミックを使用してもよく、アルミナ、シリカ、コーゼライト、ムライト、ジルコニア、ベリリアなどを使用できる。

【0009】本発明においては、セラミック基板中に焼結助剤を含有することが望ましい。例えば窒化アルミニウムの焼結助剤としては、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物、希土類酸化物を使用することができ、これらの焼結助剤のなかでは、特にCaO、Y₂O₃、Na₂O、Li₂O、Rb₂O₃が好ましい。また、アルミナを使用してもよい。これらの含有量としては、0.1~20重量%が望ましい。また、炭化珪素の場合は、焼結助剤は、B₄C、C、ALNである。

【0010】本発明では、セラミック基板中に5~5000ppmのカーボンを含んでいることが望ましい。カーボンを含ませることにより、セラミック基板を黒色化することができ、ヒータとして使用する際に輻射熱を充分に利用することができるからである。カーボン

は、非晶質のものであっても、結晶質のものであってもよい。非晶質のカーボンを使用した場合には、高温における体積抵抗率の低下を防止することができ、結晶質のものを使用した場合には、高温における熱伝導率の低下を防止することができるからである。従って、用途によっては、結晶質のカーボンと非晶質のカーボンの両方を併用してもよい。また、カーボンの含有量は、50~2000ppmがより好ましい。

【0011】本発明のセラミック基板としては、その厚さは、50mm以下、特に25mm以下が望ましい。特にセラミック基板の厚さが25mmを超えると、セラミック基板の熱容量が大きくなり、特に、温度制御手段を設けて加熱、冷却すると、熱容量の大きさに起因して温度追従性が低下してしまう。特に5mm以上が最適である。なお、厚みは、1.5mmを超えることが望ましい。セラミック基板の厚さのばらつきは、±3%がよい。また、熱伝導率のばらつきは±10%がよい。

【0012】本発明で使用される絶縁層としては、酸化物セラミックが望ましく、具体的には、シリカ、アルミナ、ムライト、コーゼライト、ベリリアなどを使用することができる。このような絶縁層としては、アルコキシドを加水分解重合させたゾル溶液をセラミック基板にスピンコートして乾燥、焼成を行ったり、スパッタリング、CVDなどで形成してもよい。また、セラミック基板表面を酸化処理して酸化物層を設けてもよい。

【0013】なお、本発明のセラミックヒータでは、半導体ウエハをセラミック基板のウエハ載置面に接触させた状態で載置するほか、半導体ウエハを支持ピンや支持球などで支持し、セラミックス基板との間に一定の間隔を保って保持する場合もある。離間距離としては、5~5000 μ mが望ましい。半導体ウエハは、リフターピンを上下することにより、搬送機からウエハを受け取ったり、ウエハをセラミック基板上に載置したり、ウエハを支持したまま加熱したりできる。

【0014】本発明のセラミック基板の直径は200mm以上が望ましい。特に12インチ(300mm)以上であることが望ましい。次世代の半導体ウエハの主流となるからである。また、前記セラミック基板の外形はウエハと同等かそれより大きいことが望ましく、ウエハと非接触で加熱が行われていてもよい。また、前記セラミック基板は閉気孔であることが望ましく、また、ヘリウムリーク量は、10⁻⁷Pa・m³/sec以下であることが望ましい。強制冷却用の冷媒のガス漏れを防止するためである。さらにセラミック基板の体積抵抗、あるいは絶縁層の体積抵抗率は、100℃以上で10⁵Ω・cm以上にすることが望ましい。抵抗発熱体間の絶縁を確保するためである。セラミック基板の平坦度は、50 μ m以下であることが有利である。

【0015】本発明のセラミックヒータは、半導体の製造や半導体の検査を行うための装置に用いられ具体的な

装置としては、例えば、静電チャック、ウエハローバ、サセアタ等が挙げられる。静電チャックとして使用される場合は、抵抗発熱体に加えて、静電電極、RF電極が、さらにウエハローバとして使用される場合は、表面に導電体としてチャックトップ導体層が形成されており、内部にはガード電極、グランド電極が導電体として形成されている。また、本発明の半導体装置用セラミック基板は、100℃以上、望ましくは200℃以上で使用されることが最適である。

【0016】本発明では、必要に応じて、セラミック基板の有底孔に熱電対を埋め込んでおくことができる。熱電対により抵抗発熱体の温度を測定し、そのデータをもとに電圧、電流量を変えて、温度を制御することができるからである。熱電対の金属線の接合部位の大きさは、各金属線の素線径と同一か、もしくは、それよりも大きく、かつ、0.5mm以下がよい。このような構成によって、接合部分の熱容量が小さくなり、温度が正確に、また、迅速に電流量に変換されるのである。このため、温度制御性が向上してウエハの加熱面の温度分布が小さくなるのである。上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602(1980)に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対が挙げられる。上記測温素子は、金ろう、銀ろうなどを使用して、有底孔14の底に接着してもよく、有底孔14に挿入した後、耐熱性樹脂で封止してもよく、両者を併用してもよい。上記耐熱性樹脂としては、例えば、熱硬化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド-トリアジン樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0017】上記金ろうとしては、37~80.5重量% Au-63~19.5重量% Cu合金、81.5~82.5重量% Au-18.5~17.5重量% Ni合金から選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらは、溶融温度が、900℃以上であり、高温領域でも溶融しにくいからである。銀ろうとしては、例えば、Ag-Cu系のものを使用することができる。

【0018】発熱体12は、図1に示したように、少なくとも2以上の回路に分割されていることが望ましく、2~10の回路に分割されていることがより望ましい。回路を分割することにより、各回路に投入する電力を制御して発熱量を変えることができ、ウエハ加熱面11bの温度を調整することができるからである。

【0019】発熱体12のパターンとしては、同心円のほか、例えば、渦巻き、偏心円、屈曲線などが挙げられる。

【0020】本発明においては、この発熱体を形成する前に、セラミック基板表面に絶縁層を設ける。絶縁層の形成は、アルコキシドを加水分解重合させたゾル溶液をセラミック基板にスピコートして乾燥、焼成を行った

り、スパッタリング、CVDなどで形成してもよい。また、セラミック基板表面を酸化雰囲気中で焼成して酸化物層を設けてもよい。発熱体をセラミック基板11の表面に形成する場合には、金属粒子を含む導電ペーストをセラミック基板11の表面に塗布して所定パターンの導電ペースト層を形成した後、これを焼き付け、セラミック基板11の表面で金属粒子を焼結させる方法が好ましい。なお、金属の焼結は、金属粒子同士および金属粒子とセラミックとが融着していれば充分である。本実施形態では、図1のようなパターンを採用する。セラミック基板11には、抵抗発熱体形成領域1として12d、抵抗発熱体形成領域2として12c、抵抗発熱体形成領域3として12b、抵抗発熱体形成領域4として12aが存在する。抵抗発熱体形成領域1と抵抗発熱体形成領域2の間、抵抗発熱体形成領域2と抵抗発熱体形成領域3の間、抵抗発熱体形成領域3と抵抗発熱体形成領域4の間に抵抗発熱体形成領域の緩衝領域として設けている。この緩衝領域の存在によって、抵抗発熱体形成領域2に大きな電力が投入されて温度が上昇しても、緩衝領域が存在するため、抵抗発熱体形成領域1や抵抗発熱体形成領域3に影響を与えない。このため、抵抗発熱体形成領域1や抵抗発熱体形成領域3の温度を低下させるなどの温度制御が不要であり、簡単な制御で加熱面の温度差を低減することができる。抵抗発熱体の形成領域最外周は上記セラミック基板の側面から35mm以内にあることが必要であり、25mm以内が最適である。25mm以内であれば、その量をきわめて小さくできるからである。さらに、抵抗発熱体の形成領域最外周の上記セラミック基板の側面からの距離を0.5mm以上にすることが望ましい。0.5mmを越えると支持容器が金属性の場合、電気的な短絡を起こしたり、ハンドリング性が低下するからである。

【0021】この実施形態では、抵抗発熱体形成領域の幅は、直径の5%~30%に調整している。セラミック基板10には、貫通孔15が形成され、リフターピンが挿入される。貫通孔の面粗度は、Rmaxで0.05~200μm、Raで0.005~20μmである。有底孔14には測温素子が形成される。抵抗発熱体12には、端子部13が形成されてなる。抵抗発熱体形成領域として、同心円、渦巻き、屈曲パターンを形成するが、一つの抵抗発熱体形成領域としては、一つの回路であることが望ましい。一つの回路である方が制御しやすいからである。セラミック基板11の表面に発熱体を形成する場合には、この発熱体の厚さは、1~30μmが好ましく、1~10μmがより好ましい。

【0022】また、セラミック基板11の表面に発熱体を形成する場合には、発熱体の幅は、0.1~20mmが好ましく、0.1~5mmがより好ましい。

【0023】発熱体は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用

的である。抵抗値は、薄く、また、細くなる程大きくなる。

【0024】発熱体の形成位置をこのように設定することにより、発熱体から発生した熱が伝搬していくうちに、セラミック基板全体に拡散し、被加熱物（シリコンウエハ）を加熱する面の温度分布が均一化され、その結果、被加熱物の各部分における温度が均一化される。

【0025】発熱体は、断面が矩形であっても楕円であってもよいが、偏平であることが望ましい。偏平の方がウエハ加熱面に向かって放熱しやすいため、ウエハ加熱面の温度分布ができにくいからである。断面のアスペクト比（発熱体の幅／発熱体の厚さ）は、10～5000であることが望ましい。この範囲に調整することにより、発熱体の抵抗値を大きくすることができるとともに、ウエハ加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

【0026】発熱体の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、ヒータ板11のウエハ加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、発熱体のパターンに近似した熱分布がウエハ加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると発熱体の中央の直上部分が高温となってしまい、結局、発熱体のパターンに近似した熱分布がウエハ加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10～5000であることが好ましいのである。

【0027】発熱体を基板11の表面に形成する場合は、アスペクト比を10～200、発熱体を基板11の内部に形成する場合は、アスペクト比を200～5000とすることが望ましい。

【0028】発熱体は、基板11の内部に形成した場合の方が、アスペクト比が大きくなるが、これは、発熱体を内部に設けると、ウエハ加熱面と発熱体との距離が短くなり、表面の温度均一性が低下するため、発熱体自体を偏平にする必要があるからである。

【0029】導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

【0030】上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましい。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。上記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0.1～100 μ mが好ましい。0.1 μ m未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、100 μ mを超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくな

るからである。

【0031】上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってよい。上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、発熱体と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

【0032】導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコールなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。

【0033】導体ペーストには、上記したように、金属粒子に金属酸化物を添加し、発熱体を金属粒子および金属酸化物を焼結させたものとするのが望ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、ヒータ板である窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと金属粒子とを密着させることができる。

【0034】金属酸化物を混合することにより、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や窒化物セラミック、炭化物セラミックの表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとが密着するのではないかと考えられる。

【0035】上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれた少なくとも1種が好ましい。

【0036】これらの酸化物は、発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとの密着性を改善することができるからである。

【0037】上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミックとの密着性を改善することができる。

【0038】上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して発熱体を形成した際の面積抵抗率は、1～45 $m\Omega/\square$ が好まし

い。

【0039】面積抵抗率が $45\text{m}\Omega/\square$ を超えると、印加電圧量に対して発熱量は小さくなりすぎて、ヒータ板の表面に発熱体を設けたヒータ板11では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が10重量%以上であると、面積抵抗率が $50\text{m}\Omega/\square$ を超えてしまい、発熱量が小さくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

【0040】発熱体が基板11の表面に形成される場合には、発熱体の表面部分に、被覆層(図2参照)12aが形成されていることが望ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化することを防止するためである。形成する被覆層の厚さは、 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ が好ましい。この場合は、発熱体の表面面粗度とは、被覆層の表面面粗度となる。

【0041】被覆層は、樹脂、ガラス、金属を使用できる。樹脂としてはポリイミド樹脂、フッ素樹脂を使用でき、ガラスとしてはホウ珪酸ガラスを使用できる。金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルなどが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。

【0042】発熱体には、電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して発熱体に取り付けるが、ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コパール製の端子ピン13が挙げられる。

【0043】接続端子を接続する場合、半田としては、銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、 $0.1\sim 50\mu\text{m}$ が好ましい。半田による接続を確保するのに十分な範囲だからである。

【0044】次に、セラミックヒータの冷却構造を含めた構造を説明する。図3に模式図を示す。このセラミックヒータ10は、セラミック基板11の内部に抵抗発熱体12が設けられたものである。セラミック基板11には、測温素子18を埋め込む有底孔14、リフターピンを挿入する貫通孔15が形成されている。また、抵抗発熱体12には、スルーホール20が接続し、スルーホール20にはワッシャー17が接続する。ワッシャー17はセラミック基板11に設けられた袋孔23に嵌め込まれる。ワッシャー17には導電線16が接続し、導電線16が電源部26に接続し、電源部26は測温素子18と接続する制御部25により制御される。セラミック基板11は、断熱材21を介して支持容器22に嵌め込まれる。支持容器22には、基板受け部22bおよび底板受け部22cが形成されている。底板受け部22cには底板24が形成され、底板24には、貫通孔27a、27bが設けられている。また、底板24には冷却流体を

供給するポート27が形成されている。冷却流体は、加熱面11aの反対側面の表面を流通して底板24の開口から排出される。なお、図3では、抵抗発熱体12はセラミック基板11の内部に設けたが、図2のように、セラミック基板11の表面に形成してもよい。この場合は、抵抗発熱体の面粗度をRaで $20\mu\text{m}$ 以下に調整し、またその厚さを $100\mu\text{m}$ 以下することが望ましい。

【0045】次に、本発明のセラミックヒータの製造方法について説明する。ここでは、ヒータ板の内部に発熱体が形成されたセラミックヒータ10の製造方法について説明する。

(1) ヒータ板の作製工程

上述した窒化物セラミックまたは炭化物セラミックの粉末に必要に応じてイットリア等の焼結助剤やバインダ等を配合してスラリーを調製した後、このスラリーをスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型などに入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体(グリーン)を作製する。次に、生成形体に、必要に応じて、シリコンウエハを支持するための支持ピンを挿入する貫通孔35となる部分や熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔34となる部分を形成する。

【0046】次に、この生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、基板31を作製するが、焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気孔のない基板31を製造することが可能となる。加熱、焼成は、焼結温度以上であればよいが、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックでは、 $1000\sim 2500^\circ\text{C}$ である。この基板の主面のうち、ウエハ等を加熱する加熱面の反対側の面を研磨する。研磨はダイヤモンド砥石やダイヤモンドペーストでポリシングする。

【0047】(2) 基板に導体ペーストを印刷する工程
導体ペーストは、一般に、金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導体ペーストをスクリーン印刷などを用い、発熱体を設けようとする部分に印刷を行うことにより、導体ペースト層を形成する。発熱体は、基板全体を均一な温度にする必要があることから、図1に示すような同心円状と屈曲線の混成パターンに印刷することが望ましい。導体ペースト層は、焼成後の発熱体13の断面が、方形で、偏平な形状となるように形成することが望ましい。

【0048】(3) 導体ペーストの焼成

基板の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を除去するとともに、金属粒子を焼結させ、基板11の底面に焼き付け、発熱体32を形成する。加熱焼成の温度は、 $500\sim 1000^\circ\text{C}$ が好ましい。導体ペースト中に上述した金属酸化物を添加しておく、金属粒子、基板および金属酸化物が焼結して一体化するた

め、発熱体12と基板11との密着性が向上する。

【0049】(4) 金属被覆層の形成

発熱体32の表面には、金属被覆層を設けることが望ましい。金属被覆層は、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。

【0050】(5) 端子等の取り付け

発熱体12のパターンの端部に電源との接続のための端子(端子ピン13)を半田で取り付ける。また、有底孔14に銀ろう、金ろうなどで熱電対を固定し、ポリイミド等の耐熱樹脂で封止し、セラミックヒータ10の製造を終了する。なお、本発明のセラミックヒータでは、静電電極を設けて静電チャックとしてもよく、チャップトップ導体層を設けてウエハプローバとしてもよい。

【0051】

【実施例】(実施例1) SiC製のセラミックヒータ(図2参照)の製造

(1) SiC粉末(平均粒径: $0.3\mu\text{m}$) 100重量部、焼結助剤の B_4C を4重量部、アクリル系バインダ12重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

【0052】(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体(グリーン)を得た。

(3) 加工処理の終わった生成形体を 2100°C 、圧力: 18MPa でホットプレスし、厚さが 3mm のSiCセラミック基板を得た。次に、この板状体の表面から直径 210mm の円板体を切り出し、表面を $\text{Ra}=0.1\mu\text{m}$ になるまで鏡面研磨し、セラミック基板11とした。セラミック基板11に、テトラエチルシリケート25重量部、エタノール37.6重量部、塩酸0.3重量部からなる混合液を24時間、攪拌しながら加水分解重合させたゾル溶液をスピコートで塗布し、ついで 80°C で5時間乾燥させ、 1000°C で1時間焼成してSiCセラミック基板11表面に厚さ $2\mu\text{m}$ の SiO_2 の膜180を形成した。 SiO_2 膜はほぼ鏡面であり、JIS B 0601 $\text{Ra}=0.1\mu\text{m}$ であった。なお、面粗度は、表面形状測定器(KAL・Tencor社製 P-11)により測定した。

【0053】この成形体にドリル加工を施し、シリコンウエハ19の支持ピンを挿入する貫通孔15となる部分、熱電対を埋め込むための有底孔14となる部分(直径: 1.1mm 、深さ: 2mm)を形成した。

【0054】(4) 上記(3)で得たセラミック基板11に、スクリーン印刷にて導体ペーストを印刷した。印刷パターンは、図1に示したような同心円状と屈曲状の混成パターンとした。パターンには、端子部13a, 13b, 13c, 13d, 13eが形成されている。ただし、抵抗発熱体形成領域の最外周が上記セラミック基板の側面から 30mm になるようにした。導体ペーストとしては、プリント配線板のスルーホール形成に使用され

ている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導体ペーストは、銀ペーストであり、銀100重量部に対して、酸化鉛(5重量%)、酸化亜鉛(55重量%)、シリカ(10重量%)、酸化ホウ素(25重量%)およびアルミナ(5重量%)からなる金属酸化物を7.5重量部含むものであった。また、銀粒子は、平均粒径が $4.5\mu\text{m}$ で、リン片状のものであった。

【0055】(5) 次に、導体ペーストを印刷したセラミック基板11を 780°C で加熱、焼成して、導体ペースト中の銀を焼結させるとともに基板11に焼き付け、発熱体12を形成した。銀の発熱体12は、厚さが $5\mu\text{m}$ 、幅 2.4mm 、面積抵抗率が $7.7\text{m}\Omega/\square$ であった。

【0056】(6) 硫酸ニッケル 80g/l 、次亜リン酸ナトリウム 24g/l 、酢酸ナトリウム 12g/l 、ほう酸 8g/l 、塩化アンモニウム 6g/l の濃度の水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記(5)で作製した基板11を浸漬し、銀-鉛の発熱体12の表面に厚さ $1\mu\text{m}$ の金属被覆層(ニッケル層)12aを析出させた。抵抗発熱体の表面の面粗度はJIS B 0601 $\text{Ra}=0.5\mu\text{m}$ であった。

【0057】(7) 電源との接続を確保するための端子を取り付ける部分に、スクリーン印刷により、銀-鉛半田ペースト(田中貴金属製)を印刷して半田層を形成した。ついで、半田層の上にコパール製の端子ピン13を載置して、 420°C で加熱タフローし、端子ピン13を発熱体12の表面に取り付けた。

【0058】(8) 温度制御のための熱電対を有底孔14にはめ込み、セラミック接着剤(東亜合成製 アロンセラミック)を埋め込んで固定しセラミックヒータ10を得た。

【0059】(実施例2)

(1) 窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径 $1.1\mu\text{m}$) 100重量部、イットリア(平均粒径: $0.4\mu\text{m}$) 4重量部、アクリルバインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部、SiCを0.5、10重量%(詳細は表1)、および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ 0.47mm のグリーンシートを得た。

【0060】(2) 次に、このグリーンシートを 80°C で5時間乾燥させた後、パンチングにより直径 1.8mm 、 3.0mm 、 5.0mm の半導体ウエハ支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0061】(3) 平均粒子径 $1\mu\text{m}$ のタングステンカーバイト粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 α -テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製し

た。平均粒子径 $3\mu\text{m}$ のタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 α -テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。この導電性ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。

【0062】さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。上記処理の終わったグリーンシート50に、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシート50'を上側(加熱面)に34枚、下側に13枚積層し、その上に静電電極パターンからなる導体ペースト層を印刷したグリーンシート50を積層し、さらにその上にタングステンペーストを印刷していないグリーンシート50'を2枚積層し、これらを 130°C 、 $80\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧力で圧着して積層体を形成した。

【0063】(4)次に、得られた積層体を窒素ガス中、 600°C で5時間脱脂し、 1890°C 、圧力 $150\text{kg}/\text{cm}^2$ で3時間ホットプレスし、厚さ 3mm の窒化アルミニウム板状体を得た。これを 230mm の円板状に切り出し、内部に厚さ $6\mu\text{m}$ 、幅 10mm の抵抗発熱体を有する窒化アルミニウム製の板状体とした。板状体をマルトー製ダイヤモンドペースト(粒径 $0.25\mu\text{m}$)でポリシングし表面をJIS B 0601 Ra $=0.5\mu\text{m}$ とした。

【0064】(5)次に、(4)で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔(直径: 1.2mm 、深さ: 2.0mm)を設けた。

【0065】(6)さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔13、14とし、この袋孔13、14にNi-Auからなる金ろうを用い、 700

$^\circ\text{C}$ で加熱リフローしてコパール製の外部端子6、18を接続させた。なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

【0066】(7)次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込んだ。

【0067】(実施例3)実施例2に準じるが、板状体をマルトー製ダイヤモンドペースト(粒径 $1\mu\text{m}$)でポリシングし表面をJIS B 0601 Ra $=3\mu\text{m}$ とした。

(実施例4)実施例2に準じるが、板状体を#800のダイヤモンドと石で研磨した。表面はJIS B 0601 Ra $=18\mu\text{m}$ であった。

(実施例5)実施例2と同様であるが、板状体の厚さを 20mm とした。

【0068】(比較例1)実施例2に準じるが、特開平7-130830号公報同様に板状体をポリシングしなかった。表面の面粗度はJIS B 0601 Ra $=21\mu\text{m}$ であった。

(比較例2)実施例2に準じるが、特開平7-130830号公報同様に板状体をポリシングしなかった。また、板状体の直径を 150mm とした。

(比較例3)実施例2に準じるが、板状体の厚さを 25mm とした。以上、実施例と比較例のヒータについて 140°C まで昇温し、空気を $100\text{cm}^3/\text{秒}$ で吹きつけて 90°C まで降温するまでの時間を測定した結果を表1に示す。空気が接触する面の面粗度が大きいほど降温しにくい。また、板状体の直径が 150mm の場合は、ポリシングしなくても、降温速度は6分と比較的早いことがわかる。さらに、厚さが 25mm では、熱容量が大きくなりすぎて降温速度は8分と遅くなってしまう。

【0069】

【表1】

	面粗度 (μm)	降温時間 (分)
実施例1	0.1 (0.5)	2
実施例2	0.5	2
実施例3	3.0	2
実施例4	18.0	3
実施例5	0.5	5
比較例1	22.0	10
比較例2	22.0	8

【0070】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、降温時間を早くすることができ、半導体製造のスループットの時間を短縮できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のセラミックヒータの抵抗発熱体パターン図

【図2】本発明のセラミックヒータの断面図

【図3】本発明のセラミックヒータの構造断面図

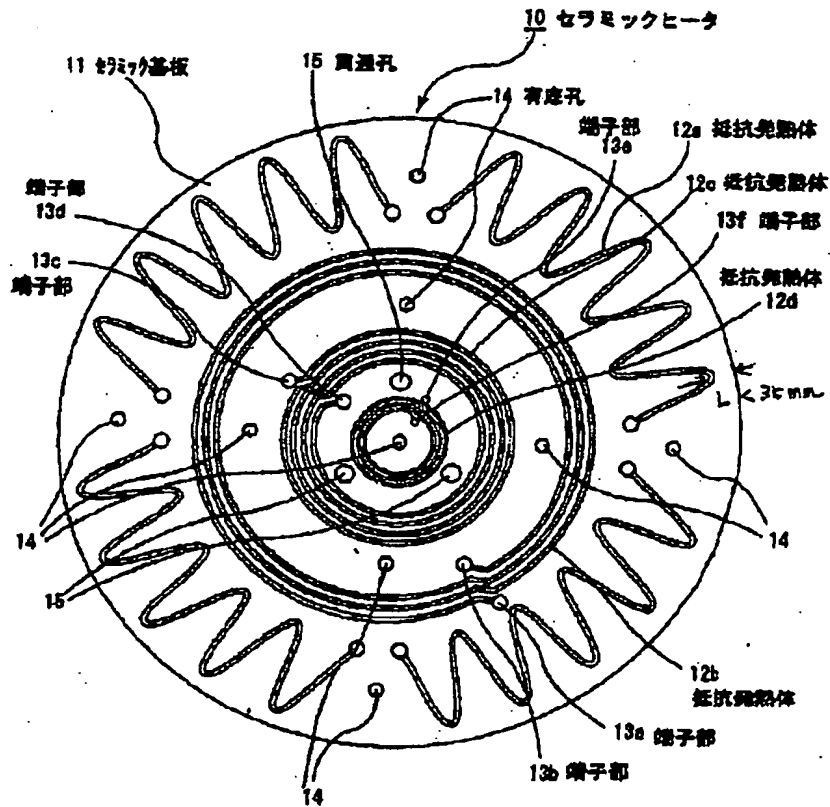
【符号の説明】

- 10 セラミックヒータ
- 11 セラミック基板
- 12 抵抗発熱体
- 13 端子ピン

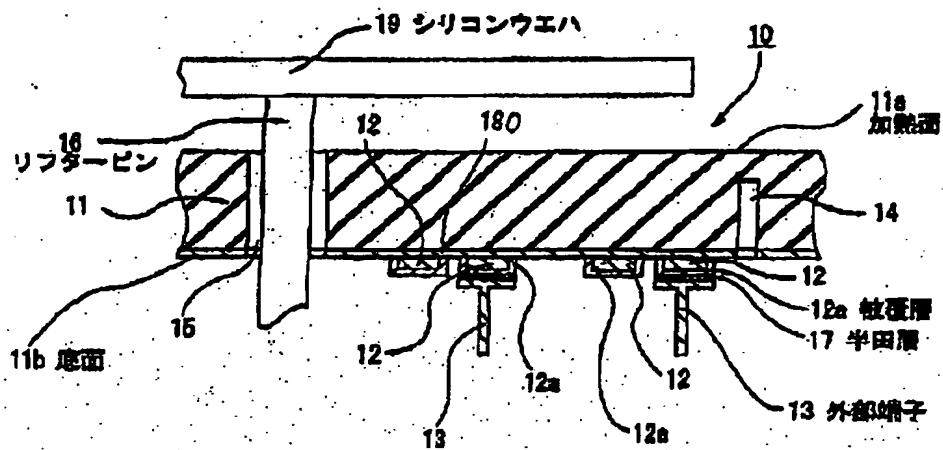
14 有底孔

15 貫通孔

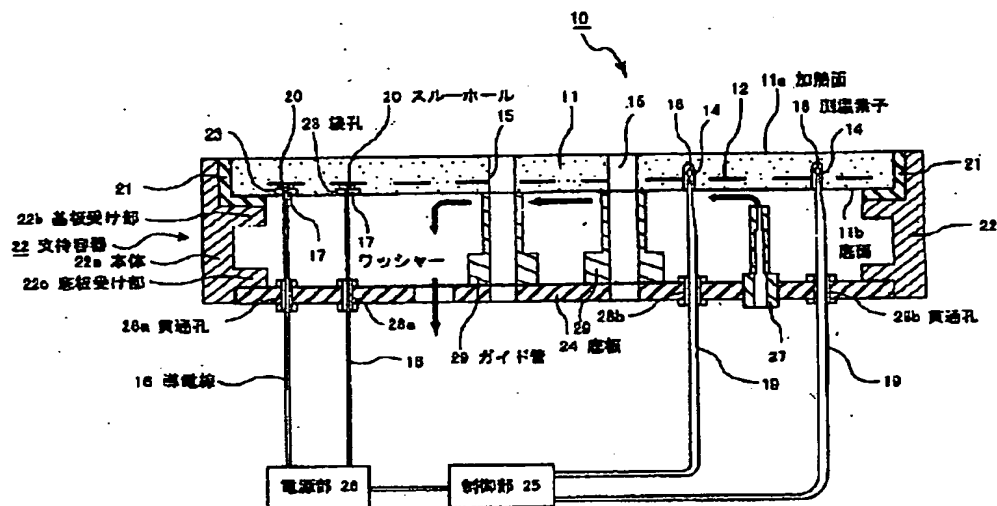
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. 7

識別記号

F I

テームド (参考)

H 0 5 B 3/10
3/12
3/20
3/68

3 9 3

H 0 5 B 3/12
3/20
3/68
H 0 1 L 21/30

B
3 9 3
5 6 7

F ターム (参考) 3K034 AA02 AA03 AA08 AA10 AA34
AA37 BA02 BA05 BA08 BB06
BB14 BC04 BC12 BC17 BC23
BC29 CA02 CA26 DA04 JA10
3K092 PP20 QA05 RF03 RF11 RF19
RF22 RF27 VV15
4M106 AA01 DH44 DJ32
5F031 HA02 HA03 HA08 HA16 HA33
HA37 MA28 MA32 MA33
5F046 KA04

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.